

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Pada beberapa ilmu Teknik sipil terdapat pengembangan tentang desain dan metode struktur, salah satunya struktur komposit. Struktur komposit dengan komposisi dua bahan bangunan yang saling bekerja sama dalam sistem struktur bangunan yaitu beton dengan baja. Penggabungan kedua bahan tersebut di karenakan struktur beton mampu menahan kuat tekan cukup besar namun kurang mampu menahan kuat tarik, sehingga perlu adanya penggabungan antara dua jenis bahan tersebut karena baja memiliki kekuatan tarik yang cukup besar. dalam penggunaan baja komposit dengan profil kastela juga sangat mendukung apabila dalam perencanaan mengandalkan tata ruang yang luas dan bentang yang Panjang.

Kerangka baja yang digunakan sebagai penyangga pelat beton umumnya di rencanakan dan di asumsikan pelat beton dan struktur baja menahan beban bekerja secara terpisah. Stuktur *composite* antara baja dan beton yang bekerja sama tidak di abaikan berdasarkan lekatan antara plat beton dan puncak balok dengan profil baja tidak dapat di andalkan. Akan tetapi, dengan pemakaian alat sambung geser (*shear connector*) suatu struktur menahan gaya geser horizontal yang timbul saat terejadi pada batang terlentur menjadi lebih praktis. (Salmon & Johnson, 1991)

Dibandingkan bahan lain, profil baja merupakan bahan konsturksi yang memiliki kekuatan yang besar. Profil baja memiliki sifat elastis (*ductility*), dimana baja mampu ber deformasi dengan baik ketika tegangan ataupun saat kompresi sebelum terjadi patah. Baja memiliki kekekalan (*durability*) yang cukup sempurna. Selain itu, jika di dibandingkan dengan konstruksi beton bertulang, struktur baja memiliki kelebihan bila di tinjau dari berat beban material dan waktu pelaksanaan. Struktur yang menggunakan baja memiliki berat relatif lebih ringan dibandingkan beton.

Penggunaan dua macam bahan material yang berbeda pada struktur komposit berakibat pada perhitungan kapasitas dimana perhitungannya tidak seperti struktur yang direncanakan menggunakan non-komposit. Penentuan pemilihan jenis profil dan plat beton didasarkan dari karakteristik dan dimensi kedua bahan yang akan di komposisikan dan kinerja pada struktur komposit. (Suprobo, 2000)

### **2.1.1 Keunggulan Struktur Baja**

Sebagai bahan struktur, baja memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Kekuatan baja terhadap tarik lebih besar dibandingkan kekuatan tekannya. Kekuatan baja yang tinggi dibandingkan dengan bahan struktur yang lain, membuat baja mempunyai ukuran penampang yang relatif kecil. Hal ini yang dikarenakan baja merupakan bahan konstruksi yang memiliki berat yang ringan walaupun berat jenis dari baja memiliki nilai yang tinggi. Oleh karena itu keuntungan baja dimanfaatkan sebagai pemakaian pondasi yang lebih hemat.
2. Profil baja merupakan bahan bangunan yang di buat menggunakan mesin canggih untuk membuatnya tanpa tenaga manusia yang relatif banyak. Oleh karena itu selama proses pembuatan baja dapat dilakukan pengawasan secara mudah dan mutu baja dapat dipertanggung jawabkan.
3. Pada perencanaan struktur dengan menggunakan baja, umumnya memiliki keuntungan karena konstruksi dapat di bongkar dan di pasang ulang sesuai kebutuhan penggunaanya, sehingga pemakaian baja dapat digunakan berulang dengan berbagai bentuk struktur.

### **2.1.2 Kelemahan Struktur Baja**

Selain mempunyai kelebihan, baja juga memiliki beberapa kelemahan yaitu :

1. Pemeliharaan struktur baja membutuhkan biaya cukup besar.
2. Baja merupakan bahan yang sangat mudah terpengaruh dengan temperatur, sehingga bila terjadi perubahan temperatur secara drastis seperti terjadi kebakaran akan sangat mudah menurunkan kekuatan dari baja sehingga menyebabkan bangunan runtuh meskipun belum mencapai tegangan izin.

3. Baja memiliki kekuatan yang besar sehingga banyak di temui batang baja yang langsing, maka baja mudah terjadi tekuk (*buckling*).

## **2.2 Batang Komposit**

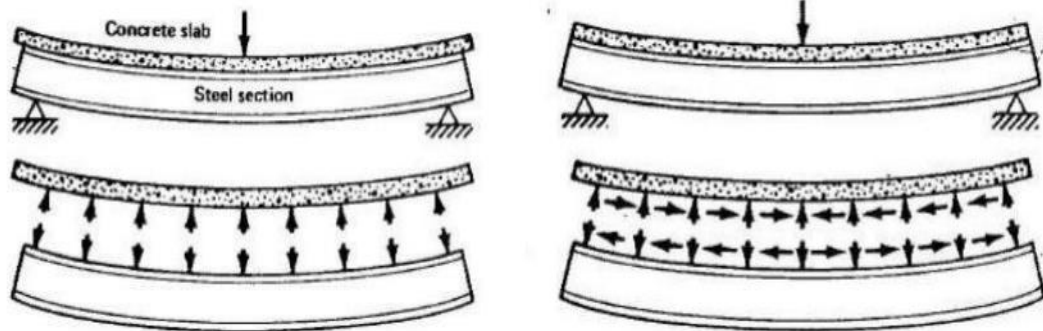
Batang komposit adalah penggabungan dua ataupun lebih bahan material dengan karakteristik berbeda dan bekerja bersama-sama sebagai suatu kesatuan, dengan memanfaatkan karakteristik masing-masing bahan secara optimal. Struktur komposit dapat berupa gabungan antara baja dan beton dan kayu atau gabungan antara bahan-bahan yang lain. Dua buah atau lebih material yang di susun dapat terjadi aksi komposit hanya terjadi interaksi langsung antara kedua material. Komposit baja dan pelat beton sering diaplikasikan pada suatu konstruksi misalnya konstruksi jembatan dan konstruksi bangunan lainnya. Struktur komposit mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan struktur non komposit jika dimensi sama di beri beban yang sama maka defleksi yang terjadi akan relative lebih kecil dibandingkan defleksi yang terjadi pada struktur non struktur. Pada konstruksi komposit, dimensi baja yang digunakan akan lebih kecil dibandingkan struktur non komposit (struktur baja berat) jika diberikan beban yang sama. Penggunaan struktur komposit antara baja dan pelat beton, akan memberikan penghematan berat baja sebesar 20% sampai 30%. (*Salmon dan Johnson, 1991*)

### **2.2.1 Balok Komposit**

#### **1. Aksi Struktur Komposit**

Terjadi bila antara batang penumpu beban seperti plat lantai beton dengan balok baja berinteraksi langsung sehingga defleksi yang terjadi menjadi satu kesatuan antar dua batang tersebut. (*Salmon dan Johnson, 1986*)

Struktur komposit melibatkan dua komponen struktur yang berbeda menjadi satu, maka memperhitungkan kapasitas sangat berbeda dengan struktur non-komposit.



(a) Lendutan Balok Non-Komposit      (b) Lendutan Balok Komposit

### Gambar 2.1 Lendutan antara Balok Komposit dan Balok Non-Komposit

(Sumber : Salmon & Johnson)

2. Kuat Lentur antara Balok Komposit dengan Penghubung Geser (*shear connector*) :
  - a. Kuat Lentur Positif
    - Penampang kompak : Perhitungan kekuatan lentur positif menggunakan rumus distribusi tegangan plastis.
    - Penampang tidak kompak : Perhitungan kekuatan lentur positif menggunakan rumus distribusi tegangan elastis.
  - b. Kuat Lentur Negatif
 

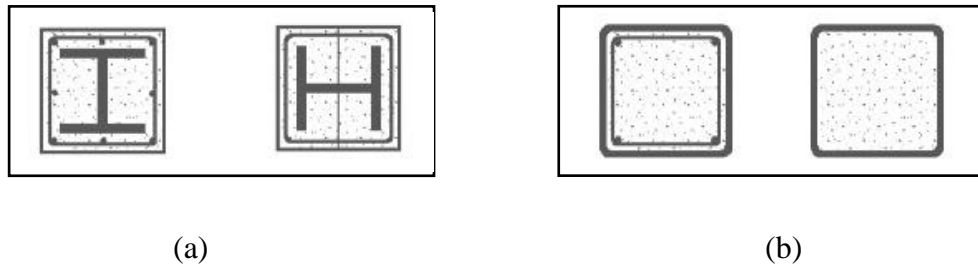
Kuat lentur negative di perhitungkan dengan mengabaikan aksi komposit. Balok dengan penampang kompak dan tak langsing, kuat lentur negatifnya di perhitungkan dengan distribusi tegangan plastis dan pengaruh tulangan baja di sepanjang lebar efektif pada pelat beton harus di pertimbangkan.

#### 2.2.2 Kolom Komposit

Berdasarkan SNI – 03 – 1729 – 2015, tipe kolom komposit antara lain :

1. Kolom komposit profil baja yang di selubungi beton. (**Gambar 2.2 (a)**)

2. Kolom komposit penampang profil baja yang berongga. (**Gambar 2.2 (b))**)



Batasan penggolongan kolom komposit menurut SNI – 03 – 1729 – 2015 Pasal 12.2.1 sebagai berikut:

1. Luas penampang baja  $\geq 4\%$  dari luasan seluruh penampang komposit.
2. Kolom baja yang ber selubung beton di haruskan di beri tulangan minimum dengan diameter 0,18 mm<sup>2</sup>/mm spasi tulangan.
3. Beton dan baja dengan mutu tulangan  $f_y$  380 MPa untuk perhitungan.

### 2.2.3 Keuntungan Komposit dan Kerugian Komposit

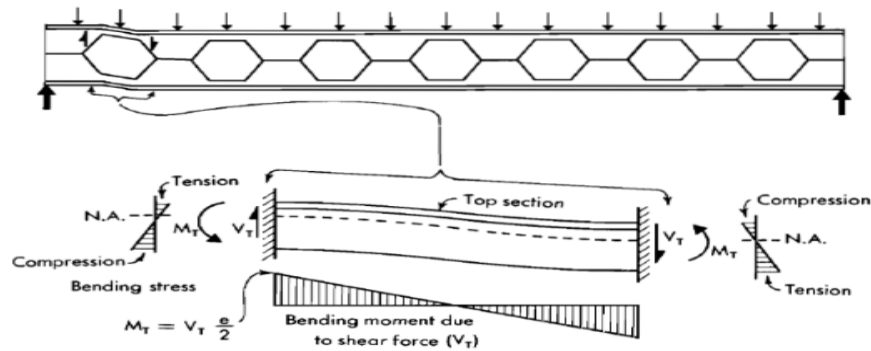
Keuntungan dari struktur komposit yaitu dapat menghemat 20% hingga 30 % berat sendiri baja, penampang pada balok baja lebih rendah, tingkat kekakuan yang terjadi dapat meningkat, pada batang tertentu mampu di posisikan pada bentang panjang, beban yang pemikulan dapat meningkat.

## 2.3 Profil Baja Balok Kastela

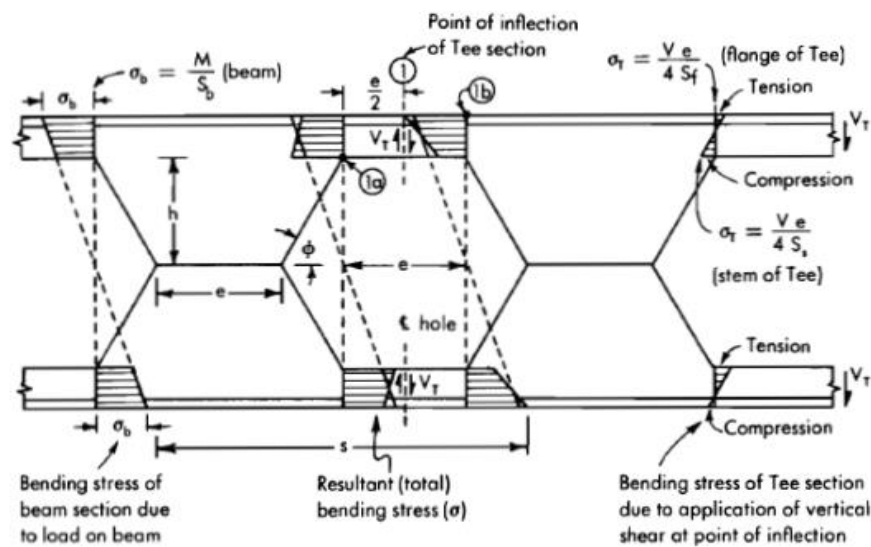
### 2.3.1 Pengertian dari Profil Baja Balok Kastela

Profil ini dapat ditambah kekuatan dari komponen struktur nya dengan memprpanjang profil ke lain dan di las se arah polanya. Profil baja kastela memiliki tinggi 1,5 kalinya dari profil sebelumnya dan nilai bidang axial, bidangmomen inersia, serta modulus seksen dapat meningkat. Pada baian sayap profil baja kastela memikul beban lentur, bila di lihat dari kekekalan baja terhadap momen yang bekerja, maka badan/web profil yang berlubang baja kastela yang menyebabkan berkurangnya luas bdan profil namun itu tidak di permasalahan. Tetapi utuk gaya lintang yang di tanggung oleh badan/web profil baja hrus di siasati kembali. Gaya

Intang yang kecil dan bahkan tidak ada pada tengah batang menyebabkan kekuatan pada batang kuarng berpengaruh.



**Gambar 2.3 Gaya Lintang akibat terjadi Momen Lentur**

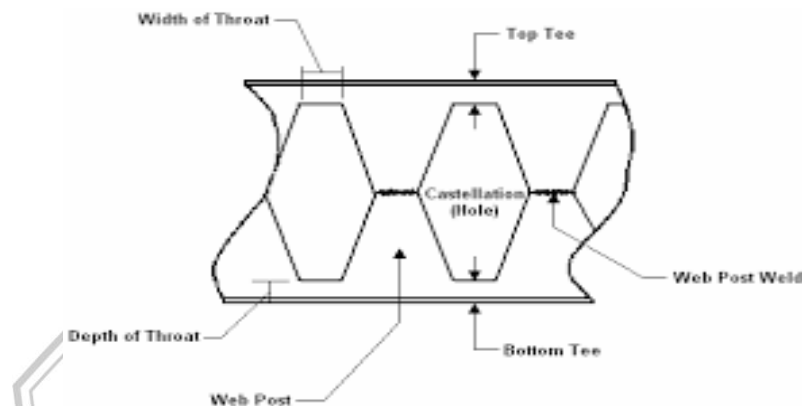


**Gambar 2.4 Gaya Lintang akibat terjadinya Tegangan Lentur**

Pada ambar di atas menjelaskan pada bagian potongan web atau badan atas dan bawah merupakan titik balik momen, hal tersebut karena gaya lintang diasumsikan terjadi pada tengah lubang profil ( $\frac{e}{2}$ ). Namun, bilaa diasumsikan gaya lintang terjadi dan dipikul sama besar di bagian badan profil atas dan bawah di sebabkan samanya tinggi kedua bagian.

### 2.3.2 Terminologi Baja Kastela

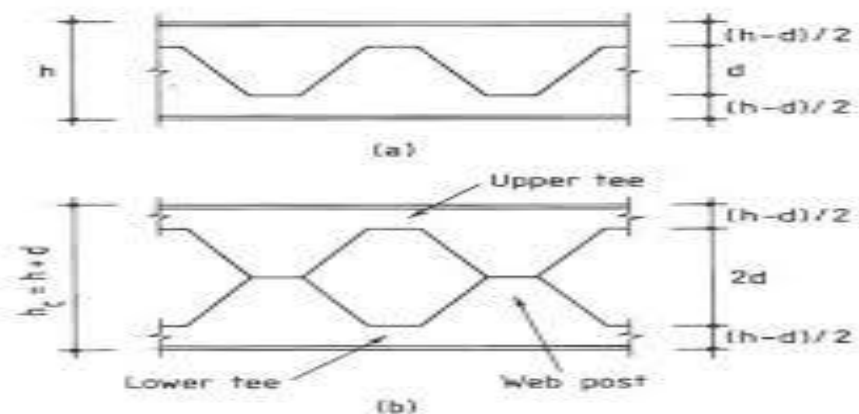
1. *Web* : Area Badan yang solid dari profil.
2. *Castellation* : Badan profil yang berlubang.
3. *Throat Width* : Perpanjangan arah horisontal dari potongan gigi bawah profil.
4. *Throat Depth* : Tinggi profil pada area potongan gigi bawah sampai sayap profil.

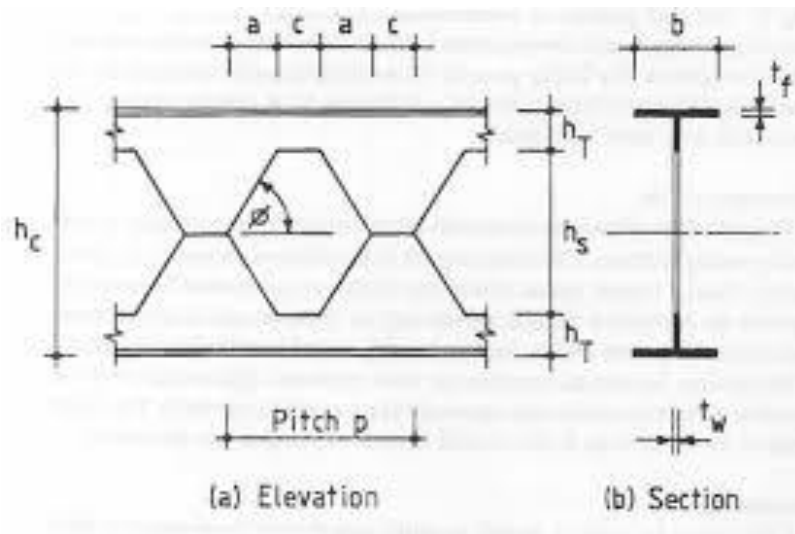


**Gambar 2.5 Bagian *Hexagonal* Baja Kastela**

(Sumber : Patrick Bardley, 2007)

Proses pemotongan menggunakan cetakan panas dan ber bentuk zig zag pada badan profil I,H,U. Setelah di potong, profil di sambung dengan menggeser atau di balik sehingga terbentuk lubang polygonal. Profil baja castella akan bertambah tinggi dan tinggi daerah pemotongan, di karenakan penyambungan menggunakan las.





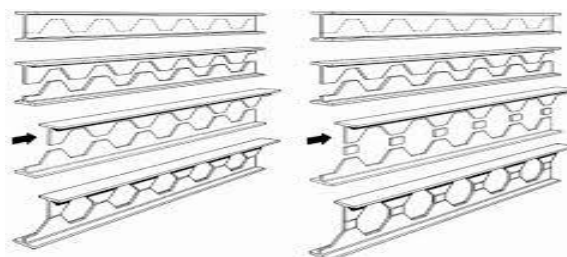
**Gambar 2.6 Castellation** (Sumber : L.Amayreh dan M.P. Saka, 2005)

$$\tan \varphi = \frac{d}{a} \rightarrow a = \frac{d}{\tan \varphi} \quad (2-1)$$

$$H_T = \frac{h - d}{2}$$

### 2.3.3 Proses Pembuatan Profil Baja Kastela

1. Badan profil di cetak dengan cetakan panas (*hot rolled*) berbentuk I, U, atau H dan di potong zig-zag.
2. Setelah di potong lalu di geser atau dibalik. Sehingga lbang yang di hasilkan ber bentuk segi enam (*hexagonal*). Menyisikan plat seegi empat di kedua sisi guna menghasilkan lubang dengan bentuk segi delapan (*octagonal*), Pemotongan yang berbentuk setengah lingkaran akan menghasilkan lubang yang berbentuk bulat (*circular*).



**Gambar 2.7 Pola Pemotongan Batang Baja Kastela**





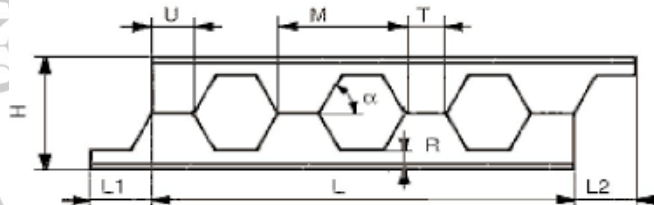
**Gambar 2.8 Pola Pemotongan *Hexagonal* Baja Kastela**

(Sumber : Grunbauer, 2001)

#### 2.3.4 Macam – Macam Pemotongan Profil Baja Kastela

1. *Beam Ends Left Ragged,  $U = T$*

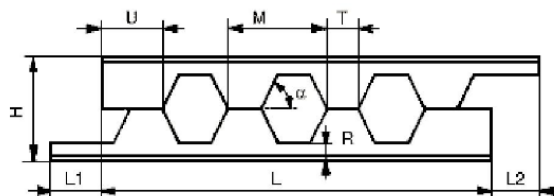
Teknis pemotongan mudah dan murah, tetapi kurang baik di gunakan.



**Gambar 2.9 Profil Kastela dengan Ujung Tidak Beraturan,  $U = T$**

2. *Beam Ends Left Ragged,  $U > T$*

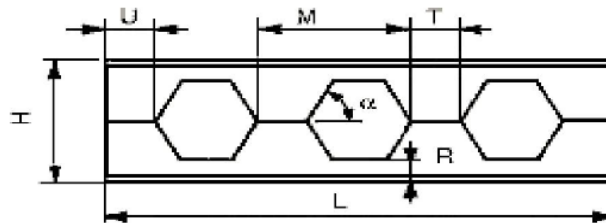
Ujung potongan profil panjang namun kurang efektif.



**Gambar 2.10 Profil Kastela dengan Ujung Tidak Beraturan,  $U > T$**

3. *Beam Ends Finished,  $U = T$*

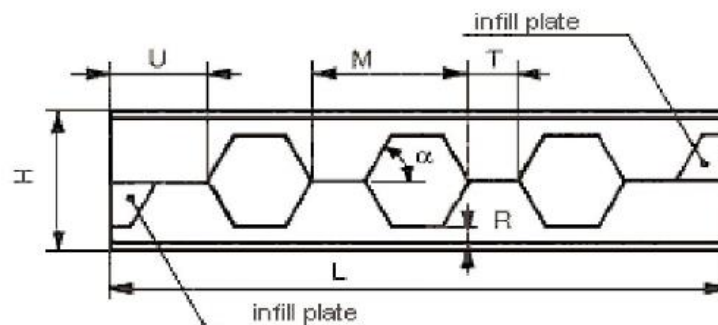
Menghasilkan potongan yang rapi dan menghemat material.



**Gambar 2.11 *Beam ends finished,  $U = T$***

4. Ujung Balok dengan Plat Pengisi,  $U \geq T$

Menghasilkan profil yang kuat dan kaku, tetapi tidak efisien bahan.



**Gambar 2.12 Ujung Balok dengan Plat Pengisi,  $U > T$**

(Sumber : Grunbauer 2001)

### 2.3.5 Keuntungan serta Kekurangan Profil Baja Kastela

#### A. Kelebihan Profil Baja Kastela :

1. Profil lebih tinggi dari profil sebelumnya, sehingga menghasilkan kekuatan profil yang lebih kuat dan kaku.
2. Penampang akan mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan izin yang lebih kecil.
3. Bahan ringan, kuat, dan mudah di pasang, dalam arti tidak membutuhkan bekesting, pemadatan, dan waktu pengerjaan yang terbilang lama seperti pada pengerjaan struktur beton bertulang.

4. Profil kastela ini cocok digunakan pada bentang panjang pada konstruksi atap dapat digunakan pada bentang 10 meter hingga 50 meter bila digunakan pada struktur untuk memikul pelat dapat mencapai bentang 12 meter hingga 25 meter. Oleh sebab itu penunaan baja kastela ini dspt meminimalisir banyaknya kolom dan pondasi pada struktur gedeng.

**B. Kekurangan Profil Baja Kastela:**

1. Profil kastela kurang tahan api. Oleh karena itu, harus di tambahkan lapisan tahan api dengan 20% lebih tebal supaya mencapai tingkat ketahanan yang sama seperti profil awal.
2. Profil kastela kurang akurat untuk menerima gaya-gaya lateral, maka dari itu pada ujung atau sambungan penampang harus di beri satu atau lebih pelat.
3. Pada ujung penampang terjadi peningkatan pemusatan tegangan.

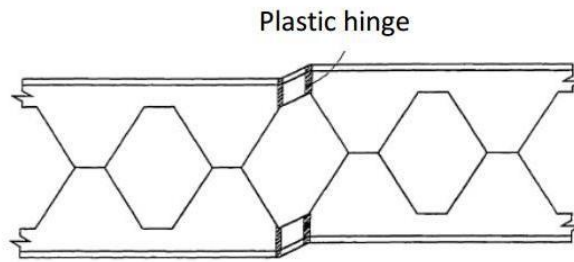
**C. Kegagalan *Castellated Beam* :**

Pada tahun 1984 Kerdal dan Nethercot melakukan eksperimen tentang macam-macam tipe kegagalan *Castellated Beam*. Macam-macam kegagalan ini sangat dipengaruhi oleh geometri balok (*beam geometry*), kelangsingan badan profil, tipe pembebanan, penyedia dukungang lateral.

Kemungkinan besar kegagalan dari castellated beam dapat disebabkan salah satunya adalah sebagai berikut :

**1. Mekanisme Geser**

Mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang terjadi pada penampang baja kastela. Pada bagian yang tidak solid berrubah bentukpada bagian T yang semula persegi menjadi jajar genjang karena terjadi sendi plastis. (*Altfillisch, 1957*) dan (*Cook and Toprac, 1959*)



**Gambar 2.13 Penampang Balok Kastela terjadi Sendi Plastis**

## 2. Mekanisme Lentur

Seorang ahli Cook Toprack dan Halleux membuat kesimpulan, titik leleh baja yang terjadi pada bagian Tee di bagian atas dan bawah pada ujung awal profil baja kastela sama dengan profil *Wide Flange* solid jika hanya dibebani gaya tekuk.

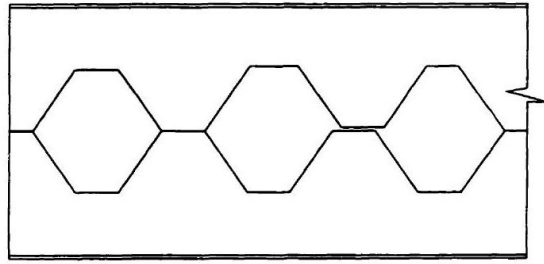
- $M_p = Z_y \times F_y$
- $Z$  adalah modulus plastis yang diambil melalui garis tengah pada lubang
- $F_y$  adalah tegangan leleh baja.

## 3. Tekuk Lateral

Seorang ahli Nethercot dan Kerdal menyimpulkan pada badan profil terdapat efek terabaikan dan pada tekuk laterak pada balok yang sudah diuji.

## 4. Pecah Sambungan Las

Sambungan las pada jarak lubang satu dengan yang lainnya memungkinkan terjadi pecah atau putus ketika tegangan geser horizontal lebih kuat leleh dari las (*Husein and Speirs, 1971*). Kuat leleh pengelasan lebih besar daripada kuat leleh material badan profil agar tidak terjadi *rupture*. Panjang horizontal lubang, sama dengan panjangnya las, jika panjang horizontal berkurang yang difungsikan untuk mengurangi momen kedua, maka kualitas las di sepanjang web jadi lebih mudah untuk gagal. Mekanisme ini umumnya terjadi pada balok baja kastela yang mempunyai jarak lubang horizontal yang panjang. (*Dougherty, 1993*)



**Gambar 2.14 Weld Joint Ruptur**

5. Tekuk Badan akibat Terjadinya Kompresi

Di sebabkan beban ter pusat yang langsung di bebaskan melebihi kapasitas badan. (*Toprack and Coom, 1959 dan Husain and Speirs, 1973*).

6. Web Post Buckling

Gaya geser horisontal yang terjadi akibat tegangan tarik dan tekan pada web post dihubungkan dengan membengkoknya ujung-ujung pada lubang *castellated beam* (Redwood dan Demirdijan, 1998). Percobaan yang dilakukan sebenarnya tidak digunakan untuk penampang yang tipis.

## 2.4 Kriteria Perencanaan

### 2.4.1 Beban Mati (*SNI 1727:2013*)

Beban dengan besar yang konstan. Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat secara permanen pada struktur.

### 2.4.2 Beban Hidup (*SNI 1727:2013*)

Semua beban yang terjadi akibat dari penggunaan gedung, penghunian dan beban – beban lain yang dinamis yang melekat pada suatu struktur

### 2.4.3 Kombinasi Pembebanan (*SNI 1726 :2012*)

Berdasarkan beban mati, hidup, angin, dan gempa maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

$$1. \quad 1,4xD \quad (2-4)$$

$$2. \quad (1,2xD) + (1,6xL) + (0,5 (L_a \text{ atau } H)) \quad (2-5)$$

$$3. (1,2xD) + (1,6 (L_a \text{ atau } H)) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8xW) \quad (2-6)$$

$$4. (1,2xD) + (1,3xW) + (\gamma L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)) \quad (2-7)$$

$$5. (1,2xD) + (1,0xE) + (\gamma L L) \quad (2-8)$$

$$6. (0,9xD) \pm (1,3xW \text{ atau } 1,0xE) \quad (2-9)$$

Keterangan:

D = Beban mati.

L = Beban hidup.

L<sub>a</sub> = Beban hidup atap.

W = Beban angin.

E = Beban gempa.

H = Beban hujan.

#### 2.4.4 Beban Gempa

Beban yang terjadi pada struktur bangunan akibat dari pergerakan tanah. (SNI 1726:2012)

#### 2.4.5 Beban Angin

Beban yang terjadi pada struktur bangunan yang di sebabkan oleh selisih tekanan udara. (SNI 1727:2013)

#### 2.4.6 Wilayah Gempa

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan dasar pada periode 1 detik), harus ditetapkan pada masing – masing dari respons spectral percepatan 0,2 etik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismic dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun ( $MCE_R$ , 2% dalam 50 tahun) serta dinyatakan dalam bilangan decimal terhadap percepatan gravitasi. Jika  $S_1 \leq 0,04$  g dan  $S_s \leq 0,15$  g, maka struktur banunan hanya boleh masuk pada kateori desain seismic A. (SNI 1726:2012)

Kelas situs di dasarkan pada sifat – sifat tanah pada situs, oleh karena itu situs harus di klasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifat – sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas, maka tidak bisa ditentukan kelas situs

nya, maka kelas situs SE dapat di gunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. (SNI 1726:2012)

#### **2.4.7 Kategori Gedung**

Pada peraturan yang terdapat pada SNI – 1726 : 2012, berdasarkan fungsi gedung, gedung akan di kategorikan sebagai bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dengan kategori resiko II.

#### **2.4.8 Konfigurasi Struktur Gedung**

Struktur Bangunan Gedung di bedakan menjadi dua golongan, beraturan dan tidak beraturan. Pada SNI – 1726 : 2012 mengatur 9 syarat yang kemudian dapat menentukan suatu gedung beraturan atau tidak.

Untuk analisis gedung beraturan dapat menggunakan analisis statik ekuivalen, sedangkan yang tidak, harus menggunakan analisis respon dinamis karena terjadi pengaruh gempa maka harus di tinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik.

#### **2.4.9 Sistem Stuktur**

Suatu bangunan adalah gabungan dari berbagai elemen struktur. Sistem struktur memiliki fungsi utama adalah memikul semua beban yang bekerja pada gedung dan sebagai penyalur beban ke tanah dengan struktur pondasi. Sistem struktur terdiri dari tiga macam, yaitu:

##### **a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)**

Pada suatu struktur bangunan di harapkan akan mengalami deformasi *inelastic* terbatas pada setiap komponen-komponen struktur sambungan akibat gaya gempa rencana. Sistem ini diterapkan pada wilayah gempa I dan II.

Sistem struktur bangunan *SPRMM* di harapkan mampu menahan resiko gempa sedang pada wilayah gempa III dan gempa IV.

Pada suatu struktur bangunan di harapkan akan mengalami deformasi yang besar apabila di bebani oleh gaya yang dihasilkan dari beban gempa rencana.

#### 2.4.10.1 Perencanaan Atap *Castellated Beam*

**a. Beban Mati** (2-10)

$$R_{Dx} = (\frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L) \cdot \cos \theta, \quad R_{Dy} = (\frac{1}{2} \cdot q_D \cdot \frac{L}{2}) \cdot \sin \theta$$

$$M_{Dx} = (\frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2) \cdot \cos \theta, \quad M_{Dy} = (\frac{1}{8} \cdot q_D \cdot (\frac{L}{2})^2) \cdot \sin \theta$$

$$R_{Lx} = (R_L) \cdot \cos \theta, \quad R_{Ly} = (R_L) \cdot \sin \theta$$

$$M_{Lx} = \left(\frac{1}{4} \cdot P_L \cdot L\right) \cdot \cos \theta, \quad M_{Ly} = \left(\frac{1}{4} \cdot P_L \cdot \frac{L}{2}\right) \cdot \sin \theta$$

$$h = \frac{h1 + h2}{2}$$

q = Berat Angin

$$G = 0,85$$

[illegible]



$C_p$  = Koefisien Tekan Eksternal

$$R_w = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L, \quad M_w = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$$

Angin hisap,  $q = q \cdot G \cdot C_p$

$$R_w = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L, \quad M_w = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$$

**d. Kombinasi Pembebanan** (2-13)

1. Pembebanan Sementara 1

- Arah Tegak Lurus Bidang Atap

$$R_{Ux1} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx}) + (1) \cdot (R_w)$$

$$R_{Ux1} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx}) - (1) \cdot (R_w)$$

$$R_{Ux2} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx}) + (1) \cdot (R_w)$$

$$R_{Ux2} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx}) - (1) \cdot (R_w)$$

- Arah Sejajar Bidang Atap

$$R_{Uy} = (1,2) \cdot (R_{Dy}) + (0,5) \cdot (R_{Ly})$$

2. Pembebanan Tetap

- Arah Tegak Lurus Bidang Atap

$$R_{Ux} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx})$$

$$R_{Ux} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) - (0,5) \cdot (R_{Lx})$$

- Arah Sejajar Bidang Atap

$$R_{Uy} = (1,2) \cdot (R_{Dy}) + (0,5) \cdot (R_{Ly})$$

3. Pembebanan Sementara 2

- Arah Tegak Lurus Bidang Atap

$$R_{Ux1} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx}) + (0,8) \cdot (R_w)$$

$$R_{Ux1} = (1,2) \cdot (R_{Dx}) + (0,5) \cdot (R_{Lx}) - (0,8) \cdot (R_w)$$

$$R_{Ux2} = (1,2).(R_{Dx}) + (0,5).(R_{Lx}) + (0,8).(R_w)$$

$$R_{Ux2} = (1,2).(R_{Dx}) + (0,5).(R_{Lx}) - (0,8).(R_w)$$

- Arah Sejajar Bidang Atap

$$R_{Uy} = (1,2).(R_{Dy}) + (0,5).(R_{Ly})$$

**e. Kombinasi Momen (2-14)**

1. Momen Akibat Beban Sementara 1

- Arah Tegak Lurus Bidang Atap

$$M_{Ux1} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) + (1).(M_w)$$

$$M_{Ux1} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) - (1).(M_w)$$

$$M_{Ux2} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) + (1).(M_w)$$

$$M_{Ux2} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) - (1).(M_w)$$

- Arah Sejajar Bidang Atap

$$M_{Uy} = (1,2).(M_{Dy}) + (0,5).(M_{Ly})$$

2. Momen Akibat Beban Tetap

- Arah Tegak Lurus Bidang Atap

$$M_{Ux} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx})$$

$$M_{Ux} = (1,2).(M_{Dx}) - (0,5).(M_{Lx})$$

- Arah Sejajar Bidang Atap

$$M_{Uy} = (1,2).(M_{Dy}) + (0,5).(M_{Ly})$$

3. Momen Akibat Beban Sementara 2

- Arah Tegak Lurus Bidang Atap

$$M_{Ux1} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) + (0,8).(M_w)$$

$$M_{Ux1} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) - (0,8).(M_w)$$

$$M_{Ux2} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) + (0,8).(M_w)$$

$$M_{Ux2} = (1,2).(M_{Dx}) + (0,5).(M_{Lx}) - (0,8).(M_w)$$

- Arah Sejajar Bidang Atap

$$M_{Uy} = (1,2).(M_{Dy}) + (0,5).(M_{Ly})$$

## 2. Perencanaan Gording (SNI-1729-2015)

### a. Momen Nominal Penampang C-Channel (2-15)

$$Z_x = \frac{1}{4} h_t t^2 + a t (h_t - a) + (b - 2t) (h_t - t)$$

$$Z_y = h_t t (cy - \frac{1}{2} t) + 2at (b - cy - \frac{1}{2} t) + (cy - t)^2 + t(b - t - cy)^2$$

$$M_{nx} = Z_x \cdot f_y$$

$$M_{ny} = Z_y \cdot f_y$$

### b. Persyaratan Momen Biaxial (2-16)

$$\frac{M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi \cdot M_{ny}} \leq 1,0 \text{ (SNI-1729-2015 Pasal H2 hal 79)}$$

### c. Lendutan Profil C-Channel (2-17)

Tabel 2. Batas Lendutan Maksimum( $\delta$ )

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok biasa	L/240	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis orde kedua	h/300	h/200

Dengan syarat  $\Delta < \delta$

$$\Delta_{max} = \frac{L}{240} \text{ (digunakan)}$$

$$q_{Dx} = (q_d) \cdot \cos \theta, q_{Dy} = (q_d) \cdot \sin \theta$$

$$P_{Dx} = (P_d) \cdot \cos \theta, P_{Dy} = (P_d) \cdot \sin \theta$$

### d. Lendutan terhadap sumbu x (2-18)

$$q_x = (1,2) \cdot q_D$$

$$P_x = (1,2) \cdot P_{Dx}$$

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

### e. Lendutan terhadap sumbu y (2-19)

$$q_y = (1,2) \cdot q_{Dy}$$

$$P_y = (1,2) \cdot P_{Dy}$$

$$\Delta_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_y}$$

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_x)^2 + (\Delta_y)^2} \leq \Delta_{\max} = \frac{L}{240}$$

### 3. Perencanaan Sagrod

#### a. Cek Kelangsingan Sagrod (2-20)

$$\lambda = \frac{lk}{i_{\min}} \leq 300, \quad i = \frac{lk}{300}$$

$$i = \frac{1}{4} \times d, \quad d = 4 \times i$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad I = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4 \quad i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_{\min}} \leq 300, \quad d \geq \frac{150}{300} \times 4$$

#### b. Gaya yang Bekerja Pada Sagrod (2-21)

$$P_u = 2 \times R_{uy}$$

$$f = \frac{P_u}{A_g} \leq f_y = 2482,2 \text{ kg/cm}^2$$

### 4. Perhitungan Bracing Atap

#### a. Beban angin samping (bagian atap) (2-22)

$$A = 1/2 \times L_{\text{bentang}} \times h_{\text{kuda-kuda}}$$

$$h = \frac{L + (L + h_{\text{kuda-kuda}})}{2}$$

$C_p = 0,8$  (Koefisien tekanan terhadap atap,  $C_p$  untuk digunakan dengan  $q_D$  di sisi angin datang SNI-1727-2013).

$$p = q \times G \times C_p$$

$$W = q_y \times p, \quad W = \frac{1}{3} \times W = \text{Persimpul}$$

#### b. Cek Kelangsingan Bracing (2-23)

$$\text{Panjang bracing atap, } lk = \sqrt{L^2 + h^2}$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_{min}} < 300$$

**c. Cek Kekuatan Penampang (2-24)**

$$N_u = (1,3) \times (N_{maks}) \leq \phi N_n = 0,9 \times A_g \times (f_y)$$

**d. Cek Elemen Kelangsingan (2-25)**

$$\lambda = \frac{b}{t} > 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}, \quad \lambda = \frac{lk}{i} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda < \lambda_c \text{ maka } f_{cr} = \left[0,877 \sqrt{\frac{f_y}{E_c}}\right] f_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \left[0,877 \sqrt{\frac{F_y}{E_c}}\right] f_y$$

$$P_n = A_g \times F_{cr}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \leq 0,20 \text{ (SNI-1729-2015 Pasal H2 hal 79)}$$

$$P_u \leq \phi P_n = 0,9 \times P_n$$

## 5. Perencanaan Dimensi Kuda-Kuda

Menggunakan alat bantu analisa staad pro sehingga didapat momen, gaya geser, dan gaya aksial.

**a. Mencari Nilai Ix dan Zx (2-26)**

**Pada Bagian Solid**

$$I_x = 2 \times t_f \times b \times \left(\frac{dg-tf}{2}\right)^2 + 2 \left(\frac{dg}{2} - tf\right) \times tw \left(\frac{\frac{dg}{2}-tf}{2}\right)^2$$

$$Z_x = b \times t_f (dg - tf) + \frac{1}{4} tw (dg - 2 tf)^2$$

**Pada Bagian Berlubang**

$$I_x = b \cdot t_f \cdot \left(\frac{dg-tf}{2}\right)^2 + (dt - tf) tw \left(\frac{1}{2} ho \frac{dt-tf}{2}\right) + \frac{1}{12} \times tw \times (dt - tf)^3$$

$$Z_x = 2 \left( \left( b \cdot t_f \left( dt - \frac{t_f}{2} + \frac{1}{2} h_o \right) \right) + t_w (dt - t_f) \left( \frac{dt - t_f}{2} + \frac{1}{2} h_o \right) \right)$$

**b. Kontrol Penampang Bagian Sayap** (2-27)

$$\lambda = \frac{b f}{2 t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

**c. Kontrol Penampang Bagian Web (Berlubang)** (2-28)

$$\lambda = \frac{d t}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Bila Penampang Kompak, maka :

$$M_n = M_p$$

$$M_n = f_y \times Z_x$$

$$\Delta A_s = h_o \times t_w$$

**d. Momen Lentur Nominal (ASCE Journal page 3327)** (2-29)

$$M_n = M_p - f_y \cdot \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n \geq M_u$$

**e. Kontrol Terhadap Geser** (2-30)

**Kontrol Tekuk Badan (ASCE Journal Page 3319)**

$$\frac{d g - 2 t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \quad \frac{d g - 2 t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{a_0}{h_o} = \frac{(0,25 + 2 \times 0,29) D_s}{h_o} \leq 3,0$$

$$V_p = F_y \times t_w \times \frac{d}{\sqrt{3}}$$

$$P_o = \frac{a_0}{h_o} + \frac{6 h_o}{d} < 5,6 \text{ (Angka 5,6 untuk non komposit)}$$

**Top Tee dan Bottom Tee**

$$V_{pt} = F_y \times t_w \times \frac{d t}{\sqrt{3}}$$

$$\mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d t}$$

$$V_{nt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \leq 1,0$$

$$V_n = 2 \times (V_{nt} \times V_{pt})$$

$$\phi V_n = 0,9 \times V_n \geq V_u$$

**f. Cek Persamaan Interaksi (ASCE Journal page 3317) (2-31)**

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n}\right)^3 \leq 1,0$$

**g. Kontrol Jarak Antar Lubang (2-32)**

$$S = 1,08 D_s > h_o \quad S \geq a_o \times \left( \frac{\frac{V_u}{\phi V_p}}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}} \right)$$

$$\phi V_p = 0,9 \times V_p$$

**h. Kontrol Lendutan *Castellated Beam* (2-33)**

$f_{\max}$  didapat dari analisa statika dengan program bantu Staad-Pro.

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \text{ (digunakan)}$$

$$f_{\max} < f_{ijin}$$

**2.4.10.2 Perencanaan Pelat Lantai**

**a. Pembebanan Pelat Lantai (2-34)**

Dalam perencanaan plat atap yang menggunakan floor deck, maka sistem yang digunakan adalah plat satu arah.

- Untuk pelat atap tipe 1  $L_y$  (m) ;  $L_x$  (m) :

$$\frac{L_y}{L_x} \geq 2$$

- Untuk pelat atap tipe 2  $L_y$  (m) ;  $L_x$  (m) :

$$\frac{L_y}{L_x} \geq 2$$

**b. Pembebanan Pelat (2-35)**

$$q_u = 1,2 (q_{DL}) + 1,6 (q_{LL})$$

- Beban Lantai

$$R1 = \text{(hasil analisa staadpro)}$$

$$R2 = q_u \cdot A + q_{bs} \cdot L$$

**c. Perencanaan Pelat Lantai (2-36)**

Momen pada daerah lapangan dan daerah tumpuan didapat dari analisa Staad-Pro.

**d. Perencanaan Momen Positif Pelat Lantai (2-37)**

Kapasitas Floordeck

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\phi M_n = 0,85 \times M_n \geq M_u$$

**e. Perencanaan Momen Negatif Pelat Lantai (2-38)**

**Rasio Penulangan**

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$\omega = 0,85 - \sqrt{0,72 - 1,7 \frac{K}{f_c'}}$$

$$\rho = \omega \cdot \frac{f_c'}{f_y}$$

**f. Rasio Tulangan maksimum pada Pelat Lantai (2-39)**

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

**g. Rasio Tulangan minimum pada Pelat Lantai (SNI 2052-2014)(2-40)**

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

Jumlah tulangan :

$$N = \frac{1000 \times A_s}{a}$$

$$A_s \geq A_s \text{ perlu}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\phi M_n = 0,85 \times M_n > M_u$$



#### **h. Perhitungan Tulangan Susut Pelat Lantai** (2-41)

Tulangan susut hanya digunakan pada bagian selasar dikarenakan pelat bagian dalam sudah terlindung dari suhu luar ruangan. Maka, sesuai SNI-03-1726-2013, maka tulangan susut :

$$A_s = 0,0020.b.h$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan :

$$N = \frac{1000 \times A_s}{a}$$

$$A_s \geq A_s \text{ perlu}$$

#### **2.4.10.3 Perhitungan Balok *Castellated Beam***

##### **1. Kapasitas Penampang Balok Castella (SNI-1729-2015)** (2-42)

**Mencari Nilai  $I_x$  dan  $Z_x$**

Pada Bagian Solid

$$I_x = 2 \times t_f \times b \times \left(\frac{dg - tf}{2}\right)^2 + 2 \left(\frac{dg}{2} - tf\right) \times tw \left(\frac{\frac{dg}{2} - tf}{2}\right)^2$$
$$Z_x = b \times tf (dg - tf) + \frac{1}{4} tw (dg - 2 tf)^2$$

Pada Bagian Berlubang

$$I_x = b \cdot tf \cdot \left(\frac{dg - tf}{2}\right)^2 + (dt - tf) tw \left(\frac{1}{2} ho \frac{dt - tf}{2}\right) \frac{1}{12} tw (dt - tf)^3$$
$$Z_x = 2 \left( \left( btf \left( dt - \frac{tf}{2} + \frac{1}{2} ho \right) \right) + tw (dt - tf) \left( \frac{dt - tf}{2} + \frac{1}{2} ho \right) \right)$$

##### **- Kontrol Penampang Bagian Sayap** (2-43)

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

##### **- Kontrol Penampang Bagian Web (Berlubang)** (2-44)

$$\lambda = \frac{dt}{tw} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

- **Momen Lentur Nominal** (2-45)

$$M_n = M_p$$

$$M_n = f_y \times Z_x$$

$$\Delta A_s = h_o \times t_w$$

$$M_n = M_p - f_y \cdot \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right)$$

- **Kontrol Tekuk Badan** (2-46)

$$\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \quad \text{dan} \quad \frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

- **Kontrol Persamaan Interaksi** (2-47)

$$\left( \frac{M_u}{\phi M_n} \right)^3 + \left( \frac{V_u}{\phi V_n} \right)^3 \leq 1,0$$

## 2. Kapasitas Penampang Balok Castella Komposit dengan Floor deck

- **Perhitungan Momen Nominal** (2-48)

$$\Delta A_s = h_o \times t_w - 2e$$

$$P_c \leq 0,85 \times f_c' \times t_e \times b_{eff} \quad (t_e = t_{plat} - d_{eff})$$

- **Menentukan Nilai  $P_c$**  (2-49)

$$P_c = T' = A_{snet} \times f_y$$

$$a = \frac{P_c}{0,85 \times f_c' \times b_{eff}} \leq t_{plat}$$

$$M_n = T' \left( \frac{d_g}{2} + \frac{\Delta A_s \times e}{A_{snet}} + d_{eff} - \frac{a}{2} \right) \geq M_u$$

- **Kontrol Tekuk Badan** (2-50)

$$\frac{h_o}{d_g} = \frac{205}{300} = 0,68 \text{ mm} \leq t_w = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Top Tee} = 0,15 \times d_g \leq d_t$$

$$\text{Bottom Tee} = 0,12 \times d_g \leq d_t$$

- **Kuat Geser** (2-51)

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

- **Perencanaan Penghubung Geser** (2-52)

### Besar Gaya Geser Baja

$$V_h = A_{st} f_y$$

- **Perencanaan Stud** (2-53)

$$A_{sc} = 0,25 \times \pi \times (d)^2$$

- **Persyaratan Jarak Stud** (2-54)

- Jarak Minimum Longitudinal = 6 x dstud
- Jarak Maksimum Longitudinal = 8 x t<sub>pelat</sub>
- Jarak Minimum Transversal = 4 x dstud

$$E_c = 4700 \sqrt{F_c'}$$

- **Kapasitas Stud** (2-55)

$$Q_n = 0.5 \times A_{sc} \sqrt{F_c' E_c}$$

$$Q_n \leq A_{sc} \times f_u$$

$$n = \frac{V_h}{Q_n}$$

#### 2.4.10.2 Perhitungan Kolom

- **Menentukan Klasifikasi Penampang** (2-56)

$$\text{Sayap : } \frac{B}{t_f} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{Tidak Langsing}$$

$$\text{Badan : } \frac{H}{t_w} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{Tidak Langsing}$$

- **Tegangan Kritis Tekuk-Lentur** (2-57)

$$\frac{KL}{r_{min}} = \frac{3350}{88,4} = 37,89 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,69 \rightarrow \text{Tekuk Inelastis}$$

Sehingga nilai  $F_e$  dihitung sebagai berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y$$

- **Tegangan Kritis Tekuk-Puntir** (2-58)

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ\right) \times \frac{1}{I_x + I_y}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{290}{1469,23} = 0,20 \leq 2,25 \rightarrow \text{Tekuk Inelastis}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y$$

- **Kuat Tekan Nominal Kolom** (2-59)

$F_{cr}$  tekuk-puntir  $>$   $F_{cr}$  tekuk-lentur

$$P_n = F_{cr} A_g$$

$$\phi P_n = 0,85 \times P_n \geq P_u$$

- **Perhitungan Kuat Lentur Rencana** (2-60)

Tekuk Lokal pada Sayap (Flange)

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Tekuk Lokal pada Badan (Web)

$$\lambda = \frac{h}{tw} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$\lambda \leq \lambda_p$ , maka dikategorikan penampang kompak.

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \geq L_b$$

- **Kuat Lentur Penampang (Arah Sb-X Bangunan)** (2-61)

$$Z_x = b_f \times t_f \times (d - t_f) + \frac{1}{4} t_w \times (d - 2 \times t_f)^2$$

$$M_{nx} = M_p = Z_x \times f_y$$

$$\phi M_{nx} = 0,9 \times M_{nx} \geq M_u$$

- **Kuat Lentur Penampang (Arah Sb-Y Bangunan)** (2-62)

$$Z_y = 1,5 \times S_y$$

$$M_{ny} = M_p = Z_y \times f_y$$

$$\phi M_{ny} = 0,9 \times M_{ny} \geq M_u$$

- **Perhitungan Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur** (2-63)

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$$

Maka rumus interaksi :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

### 2.4.10.3 Perhitungan Sambungan

#### 1. Sambungan Balok dan Kolom

- **Kuat Geser Desain Baut** (2-64)

$$\phi R_n = \phi \cdot (r_1 \times f_u^b) \times m \times A_b$$

- **Kuat Tumpu Desain Baut** (2-65)

$$\phi R_n = \phi \cdot (2.4 \cdot f_u^p) \cdot d_b \cdot t_p$$

- **Jumlah Baut yang diperlukan** (2-66)

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

- **Sambungan Las antara Pelat Hubung** (2-67)

Gaya Kopel Internal

$$T_u = \frac{M_u}{d_g - t_f}$$

$$\phi R_{nw} = \phi \times t_e \times 0,60 \times f_{uw}$$

$$\text{Panjang las yang diperlukan} = \frac{\phi T_u}{\phi R_{nw}}$$

- **Cek Panjang Las Maksimum** (2-68)

$$L_w = L_w \text{ efektif}$$

- **Sambungan Geser** (2-69)

Kuat Geser Desain Baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (r_1 \cdot f_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

Kuat Tumpu Desain Baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (2.4 \cdot f_u^p) \cdot d_b \cdot t_p$$

- **Jumlah Baut yang diperlukan** (2-70)

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

- **Jarak antar Baut** (2-71)

Untuk jarak pada tepi baut  $1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100)$  atau 200 mm

Untuk jarak baut dengan baut  $3 d_b < S < 15 t_p$

- **Ukuran Pelat Geser** (2-72)

$$\phi V_n = 0,9 \times t \times b \times 0,6 \times f_y \geq V_u$$

## 2. Sambungan Baseplate

- **Tebal Baseplate** (2-73)

$$A = \frac{P_{max}}{\phi \times 0,85 \times f_c}$$

- **Eksentrisitas** (2-74)

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

- **Gaya Tekan yang Mampu di Tahan Beton Penumpu** (2-75)

$$Y = N - 2e$$

$$P_u \leq \phi_c \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

- **Menghitung Besaran c (nilai terbesar dari m, n, dan n')** (2-76)

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2}$$

$$n = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2}$$

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot b_f}{4}}$$

- **Tebal Pelat yang diperlukan** (2-77)

$$t_p = 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot (N - 2xe) \cdot f_y}}$$

- **Pendimensian Angkur** (2-78)

Kekuatan Baut Terhadap Geser

$$\phi R_n = \phi \cdot r_1 \cdot m \cdot f_u \cdot A$$

- **Jumlah Baut yang diperlukan** (2-79)

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

- **Gaya Tarik yang Bekerja pada Tiap Angkur** (2-80)

$$T_u = \frac{M_u}{n \cdot d}$$

- **Periksa Interaksi Tarik dan Geser** (2-81)

$$F_t = (d_g - 1,5 \cdot f_{uv}) \leq 595 \text{ Mpa}$$

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot f_t \cdot A_b \geq T_u$$

- **Panjang Pengangkuran** (2-82)

$$L_{db} = 0,02 \cdot \frac{A_b}{\sqrt{f_c}} \cdot f_y \geq 0,06 \cdot d_b \cdot f_y$$

Untuk tulangan tekan, panjang pengangkuran dasar  $L_{db}$

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c}} \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y$$

- **Sambungan Las pada Base Plate** (2-83)

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,60 \cdot f_{uw}$$

Terhadap Tarik

$$\text{Panjang las yang diperlukan} = \frac{P_u}{\phi R_{nw}}$$

Terhadap Geser

$$\text{Panjang las yang diperlukan} = \frac{V_u}{\phi R_{nw}}$$

- **Cek Panjang Pengelasan Maksimum** (2-84)

$$L_w \leq L_w \text{ efektif}$$

### 3. Struktur Baja Tahan Gempa

Struktur baja tahan gempa pada struktur kali ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

Untuk Kolom Kapasitas Aksial dihitung dengan :

$$\text{Rasio Aksial} = \frac{P_u}{\phi P_n} \leq 0,2 \quad (2-85)$$

$$\text{Interaksi} = \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1 \quad (2-86)$$

